

BEST AVAILABLE COPY

Partial English Translation of Japanese Patent Application
Laid-open No. 2000-269537

(57) [Abstract]

[Problem to Be Solved]

To provide a semiconductor light receiving device in which a photoelectric conversion element is combined with an IC, the device having a structure which does not incur a cost increase, and which is not substantially subject to a noise.

[Solving Means]

A semiconductor light receiving device comprises a photoelectric conversion element 1 for receiving signal light and a semiconductor integrated circuit (IC) 2 for amplifying and/or processing a signal received from the photoelectric conversion element 1. Both are connected to a circuit substrate 3 directly through bumps 17, 18, 21, and 22. In the photoelectric conversion element 1, a photoelectric conversion portion which is a junction between e.g. a p-type layer 12 and an n-type layer 13 is formed on a surface side of a semiconductor substrate 11; the bumps 18 and 19 to be connected to e.g. the p-type layer 12 and the n-type layer 13 are formed on the surface of the semiconductor substrate 11; and a lower portion of the

semiconductor substrate 11 which is below the photoelectric conversion portion (the p-n junction) is etched to form a recess 11a.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光を受光する光電変換素子と、該光電変換素子により受信した信号を増幅および／または信号処理する半導体集積回路とからなる半導体受光装置であって、前記光電変換素子は、半導体基板の表面側に光電変換部が形成されると共に該表面上に全ての電極に接続されたパンプが形成され、かつ、該光電変換部の下側の前記半導体基板がエッチングされて凹部が形成され、該光電変換素子が前記凹部側から光を受光できるように前記半導体集積回路が接続される回路基板上に前記パンプにより接続されてなる半導体受光装置。

【請求項2】 前記光電変換素子が、第1導電形の半導体基板と、該半導体基板の前記凹部に露出する部分に形成される第2導電形の領域と、前記半導体基板の表面側から前記第2導電形の領域と接続されるように形成される第2導電形拡散領域と、前記第1導電形の半導体基板の表面側に第1導電形の高濃度領域を介して設けられる第1の電極と、前記第2導電形拡散領域に接続して設けられる第2の電極と、該第1および第2の電極にそれぞれ接続して設けられるパンプとからなる請求項1記載の半導体受光装置。

【請求項3】 前記光電変換素子のパンプが接続される前記回路基板側の配線が、絶縁膜を介した接地導体によりシールドされてなる請求項1または2記載の半導体受光装置。

【請求項4】 請求項1記載の半導体受光装置において、前記光電変換素子が前記回路基板の配線に接続されないで、前記集積回路の電極上に前記パンプにより直接接続されてなる半導体受光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえばカメラの露光計や焦点距離測定などに用いられる光電変換素子と、その受信信号を増幅したり、信号処理する集積回路（以下、ICという）とを組み合わせた半導体受光装置に関する。さらに詳しくは、小さな信号でもノイズなどの影響を受けにくく、信頼性のよい受信をすることができる半導体受光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光電変換素子と増幅器や制御回路などが形成されるICとを組み合わせた半導体受光装置

は、たとえば図5に概略図が示されるように、光電変換素子60とIC71とが別々に製造されて、プリント基板などの回路基板72上にマウントされ、金線74などのワイヤボンディングなどにより、光電変換素子60やIC71の電極が回路基板72に設けられる配線73と電気的に接続されることにより構成されている。光電変換素子60は、たとえば図5にホトダイオードの構造が示されるように、 n^+ 形の半導体基板61上に n^- 形のエピタキシャル成長層62が形成され、その表面に p^+

形拡散層63が形成され、 p^+ 形拡散層63の表面および半導体基板61の裏面にそれぞれ電極64、65が設けられることにより形成されている。

【0003】このように、光電変換素子60とIC71とを別々のチップにより構成する理由は、光電変換素子60として、赤外線のような波長の長い受光素子とする場合、充分に感度を上げるためには、 $40\mu\text{m}$ 程度の空乏層を形成する必要がある、前述の n^- 形エピタキシャル成長層62の不純物濃度が $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 程度の非常に低不純物濃度の半導体層を必要とし、高価なエピタキシャル成長された基板を使用しなければならず、ICと共用するのはコストアップになることや、ICなどと不純物濃度を合せることができず、製造工程を画一化できないことなどに基づいている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、従来の光電変換素子60とIC71とを組み合わせる半導体受光装置は、回路基板72上にそれぞれのチップがマウントされ、金線74などによりワイヤボンディングされている。そのため、ワイヤ（金線）74を介してノイズを拾いやすく、とくにICに信号が伝送される前の光電変換素子60に接続されたワイヤ74により拾うノイズは、そのままIC71により増幅されるため、非常にSN比が低下するという問題がある。とくにTVのチャンネル切替スイッチやカメラの露光計などに用いる半導体受光装置では、そのノイズの影響が非常に問題となる。

【0005】一方、光電変換素子60とIC71とをモノリシック化しようとする、前述のような材料費のアップや工数増によりコストアップになるという問題がある。さらに、光電変換素子60の表面側を下側にしてワイヤの影響を少なくしようとする、いわゆるフェースダウン構造（フリップ・チップ・ボンディング構造）にしようとする、半導体基板の裏面側から受光する光を入射することになり、表面側の光電変換部に至るまでに吸収されて減衰してしまうという問題もある。

【0006】本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、コストアップにならないで、かつ、ノイズの影響を殆ど受けない構造の光電変換素子とICとを組み合わせた半導体受光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体受光装置は、信号光を受光する光電変換素子と、該光電変換素子により受信した信号を増幅および／または信号処理する半導体集積回路とからなる半導体受光装置であって、前記光電変換素子は、半導体基板の表面側に光電変換部が形成されると共に該表面上に全ての電極に接続されたパンプが形成され、かつ、該光電変換部の下側の前記半導体基板がエッチングされて凹部が形成され、該光電変換素子が前記凹部側から光を受光できるように前記半導体

集積回路が接続される回路基板上に前記パンプにより接続されている。

【0008】ここに光電変換素子とは、ホトダイオード、ホトトランジスタ、ホトダーリントトランジスタなどの光信号を受信して電気信号に変換する素子を意味する。また、光電変換部とは、ホトダイオードのpn接合部や、ホトトランジスタのトランジスタ部など、吸収した光信号を電気信号に変換し得る部分を意味する。さらに、パンプとは、回路基板の配線などとハンダなどにより直接電氣的に接続しながら固定できるように金やハンダなどにより形成された電極の突起部を意味する。

【0009】この構造にすることにより、ワイヤボンディングをしないで、光電変換素子を裏向き（フリップ・チップ・ボンディング構造）にして直接回路基板に接続することができるため、余分なワイヤがなく、ノイズを拾うことが非常に少なくなる。一方、光電変換素子の光電変換部（受光部）の裏面側の半導体基板はエッチングにより除去されて凹部が形成されているため、受光する光は半導体基板を介することなく、その凹部に露出する光電変換部により直接受光することができる。そのため、高感度に受信することができる。

【0010】前記光電変換素子の具体的構造例としては、前記光電変換素子が、第1導電形の半導体基板と、該半導体基板の前記凹部に露出する部分に形成される第2導電形の領域と、前記半導体基板の表面側から前記第2導電形の領域と接続されるように形成される第2導電形拡散領域と、前記第1導電形の半導体基板の表面側に第1導電形の高濃度領域を介して設けられる第1の電極と、前記第2導電形拡散領域に接続して設けられる第2の電極と、該第1および第2の電極にそれぞれ接続して設けられるパンプとからなる構造にすることができる。

【0011】前記光電変換素子のパンプが接続される前記回路基板側の配線が、絶縁膜を介した接地導体によりシールドされるようにすることにより、回路基板上の配線でノイズを拾うこともなくなり、非常にローノイズの半導体受光装置が得られる。

【0012】前記光電変換素子を回路基板にマウントしないで、光電変換素子が前記集積回路の電極上に直接前記パンプにより接続される構造にすれば、光電変換素子とICとの間のワイヤや配線がなくなるため、より一層ノイズの影響を受けなくなるため好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】つきに、図面を参照しながら本発明の半導体受光装置について説明をする。

【0014】本発明による半導体受光装置は、図1

(a)にその一実施形態の断面説明図が示されるように、信号光を受光する光電変換素子1と、その光電変換素子1により受信した信号を増幅および/または信号処理する半導体集積回路(IC)2とからなっており、少なくとも光電変換素子1が回路基板3上に直接パンプに

より接続されている。光電変換素子1は、図1(b)に示されるように、半導体基板11の表面側にたとえばp形層12とn形層13の接合部である光電変換部が形成されると共に、その表面上に、たとえばp形層12とn形層13とに接続される電極16、17にそれぞれ接続して設けられたパンプ18、19が形成され、かつ、その光電変換部(pn接合部)の下側の半導体基板11がエッチングされて凹部11aが形成されている。そして、この光電変換素子1が凹部11a側から光を受光できるように、裏向きにして回路基板3に接続されている。

【0015】図1(a)に示される例では、回路基板3の表面に形成される配線31が、多層配線として形成され、表面にアースに接続された導電体膜である接地導体32が設けられている。その接地導体32は、光電変換素子1およびIC2のパンプ18、19、21、22の接続部分は除去されて下層の配線31が露出するように形成されており、その配線31に直接ハンダ付けなどによりパンプ18、19、21、22により接続される。回路基板3としては、通常の配線基板が用いられ、ガラスエポキシなどからなるプリント基板や、セラミック基板などの表面に銅被膜などの配線パターンが蒸着などにより設けられている。前述の接地導体32が設けられる場合は、さらにその表面に接地導体32が設けられた絶縁膜を貼り付けたり、CVD法などにより直接絶縁膜や接地導体などを積層することもできる。また、IC2は、通常の増幅回路や制御回路などの用途に応じた信号処理回路が形成された集積回路として形成される。しかし、電極は前述のように、パンプ21、22として形成されることが、ワイヤボンディングをしないで接続することができるため、好ましい。しかし、増幅や信号処理をした後の出力信号側の端子は、ノイズの影響が殆どなくなるので、ワイヤボンディングされる構造の電極でも構わない。

【0016】光電変換素子1は、図1(b)にホトダイオードの断面構造例が示されているように、p⁺形層12およびn⁻形層13(半導体基板11と同じ層)の接合部(実際にはn⁻形層に形成される空乏層の広がり部)が半導体基板11の表面側に設けられている。そして、p⁺形層12の周囲でp⁺形層12と接続されるように半導体基板11の表面からp⁺形拡散領域12aが形成されて、その表面に絶縁膜14を介してp側電極16が設けられ、n⁻形層13の表面にn⁺形層13aを介してn側電極17が設けられている。そして、それぞれの電極16、17の一部にAuなどによりパンプ18、19が設けられている。そして、光電変換部の裏面側の半導体基板11がエッチングにより除去されて凹部11aが形成されている。すなわち、光電変換部および各電極のパンプ18、19が半導体基板11の表面側に設けられると共に、光電変換部の裏面側の半導体基板に

凹部が形成されていることに特徴がある。このような構造に光電変換素子1が形成されることにより、図1

(a)に示されるように、回路基板3上にフリップ・チップ・ボンディング構造でマウントすることができ、半導体基板11の裏面側から減衰することなく受信信号光を受光することができる。なお、図では半導体基板と光電変換部とが殆ど同じ厚さのように書かれているが、説明図として書かれているもので、実際には表面からp形層12までの厚さは10~100 μ m程度であるのに対して、それより裏面側の半導体基板の厚さは300~400 μ m程度と厚い。

【0017】この構造の光電変換素子1は、不純物濃度の薄いn⁻形層13に形成される空乏層で光を吸収したキャリアがp⁺形層12に引き寄せられて電流となり、光を電気に変換することができる。この光を吸収する範囲は、たとえば波長が850nm程度の赤外線のような波長の長い光に対しては、Si半導体を用いると40 μ m程度の広い範囲で吸収する。この広い範囲で吸収することにより発生するキャリアをできるだけ利用するためには、空乏層の広がりや40 μ m程度に広げる必要がある。この空乏層を広くするためには、その半導体層の不純物濃度を低くすることにより得られ、用途に応じた不純物濃度に制御される。

【0018】このような構造の光電変換素子1を製造するには、たとえば不純物濃度の低いn⁻形のFZ単結晶基板11を用い(短い波長の光を検出する場合は、空乏層が狭くてもよく、不純物濃度が高くてもよい場合CZ単結晶基板を用いることもできる)、その裏面側にエッチングにより凹部11aを形成する。このような凹部11aを精度よく形成するには、たとえば半導体基板に(100)結晶面を表面とする基板を用い、異方性エッチングを行うことにより、精度よく形成することができる。そして、その凹部11aにより露出した底面にp形不純物を拡散などにより導入することにより、p⁺形層12を形成する。その後、p⁺形層12の外周部分において、半導体基板11の表面側からp⁺形層12に達するようにp形不純物を拡散し、p⁺形拡散領域12aを形成する。また、n⁻形層13の表面にもn形不純物を拡散してn⁺形コンタクト領域13aを形成することにより、p⁺形拡散領域12aとn⁺形コンタクト領域13aとにそれぞれ電極を形成することができ、表面側に全ての電極が形成される光電変換素子を得ることができる。

【0019】本発明によれば、光電変換素子の表面側に全ての電極がバンプにより形成されているため、フリップ・チップ・ボンディング構造で回路基板などに直接接続される。一方、光電変換部の裏面側の半導体基板がエッチングにより除去されて凹部が形成されているため、光電変換部が半導体基板の裏面側に露出している。そのため、光電変換素子が裏向きに回路基板上にマウントさ

れても、光を損失させることなく受光することができる。その結果、ワイヤボンディングなどに基づくノイズを拾うことなく、高感度に受光した信号が直ちにICに接続されて増幅され、SN比の高い受光装置が得られる。

【0020】図1(b)に示される光電変換素子1は、単結晶基板を用いて、全然エピタキシャル成長をしないで、拡散だけで構成した例で、本発明では、半導体基板の表面側のみに全ての電極が形成されているため、不純物濃度の高い基板を用いる必要がなく、このような不純物濃度の低い基板を用いても拡散とエッチングだけで光電変換素子を形成することができる。しかし、図2

(a)に示されるように、n⁺形半導体基板41の表面にp形不純物を導入してn⁻形層43をエピタキシャル成長することにより、p⁺形埋込層42を形成し、表面側からp形不純物を拡散してp⁺形不純物領域42a、n形不純物を拡散してn⁺形コンタクト層43aをそれぞれ形成してもよい。この構造にすることにより、エピタキシャル成長層を一度形成することになるが、所望の不純物濃度の半導体層を形成することができ、所望の波長の光の受光装置を得ることができる。なお、凹部41aを形成するエッチング精度は、前述の(100)結晶面基板を用いて異方性エッチングを行ってもよいし、pn接合に電圧を印加して空乏層を形成しながらエッチングをすることにより、空乏層でエッチングが止まるようにすることもできる。

【0021】図2(b)に示される例は、p⁺形半導体基板42上にn⁻形層43をエピタキシャル成長し、前述と同様に、表面側からp形不純物を拡散してp⁺形不純物領域42a、n形不純物を拡散してn⁺形コンタクト層43aをそれぞれ形成したものである。この構造にしても、同様に凹部41aを光電変換部の下側に形成できると共に、表面側に両電極を形成することができる。

【0022】図2(c)に示される構造は、凹部41aを形成するためのエッチングを容易にする構造例で、n⁻形半導体層43とSiO₂層45を有する半導体基板41を貼り合せたSOI基板を用いた例で、凹部41aを形成する際に、SiO₂層45でエッチングが止まるため、半導体基板をエッチングし過ぎることがない。半導体基板41のエッチングにより、SiO₂層45が露出したら、今度はSiO₂層45をエッチングするエッチング液によりn⁻形半導体層43を露出させ、その露出したn⁻形層43にp形不純物を導入することにより、p⁺形層42を形成することができ、前述と同様のpn接合を形成することができる。そして、p⁺形不純物領域42a、n形不純物を拡散してn⁺形コンタクト層43aをそれぞれ形成することにより、表面側に電極を形成することができると共に、半導体基板の裏面側から損失なく受光することができる。

【0023】図3は、ホトダイオードではなく、ホトダ

ーリントトランジスタの構成例を示す平面説明図および等価回路図である。この例は、トランジスタのベース領域52を受光部としたホトトランジスタQ1のエミッタ53に増幅用のトランジスタQ2のベース55が配線54により接続されたものである。なお、51は半導体基板で両トランジスタのコレクタとなっており、56はトランジスタQ2のエミッタで、57aはコレクタ電極、57、58、59はそれぞれコレクタ電極、ベース電極、エミッタ電極の接続用のバンプである。この構造でも、受光部とするベース領域52の下側の半導体基板51にエッチングによる図示しない凹部が形成され、半導体基板51の裏面側から損失なく受光することができるフリップ・チップ・ボンディング構造の光電変換素子が得られる。このように、光電変換素子には、簡単な増幅用のICなどを含んでいてもよい。

【0024】図4は、本発明の半導体受光装置の他の実施形態の断面説明図である。この例は、光電変換素子1をフリップ・チップ・ボンディング構造にすることは同じであるが、回路基板3の配線31に接続しないで、IC2の電極部23、24に直接バンプ18、19を介して接続したものである。このようにICに直接接続することにより、前述の例と同様にワイヤによる接続の必要がなく、ノイズの乗らない状態でIC2に接続して増幅したり信号処理をすることができる。IC2により信号処理された出力信号は増幅されて十分に大きな信号になっているため、ノイズの影響を受けることは殆どなく、回路基板3の配線31との接続は、図4に示されるように、金線33などのワイヤボンディングにより接続する*

*ことができる。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、受信信号光の非常に小さなTVのチャンネル切替スイッチやカメラの露光計などに用いる半導体受光装置でも、ノイズの入らない状態で直ちにICにより増幅して信号処理することができるため、非常にSN比の優れた半導体受光装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体受光装置の一実施形態の断面説明図である。

【図2】図1の光電変換素子の他の構造例を示す断面説明図である。

【図3】図1の光電変換素子の他の例を示す平面説明図および等価回路図である。

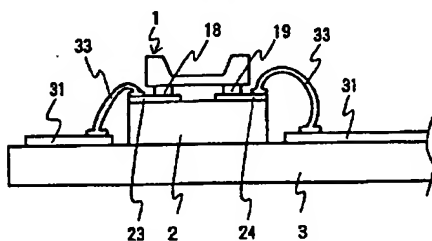
【図4】本発明の半導体受光装置の他の実施形態の断面説明図である。

【図5】従来の半導体受光装置の一例の断面説明図である。

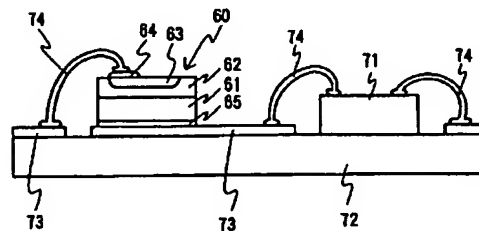
【符号の説明】

- 1 光電変換素子
- 2 IC
- 3 回路基板
- 11 半導体基板
- 11a 凹部
- 12 p形層
- 13 n形層
- 18 バンプ
- 19 バンプ

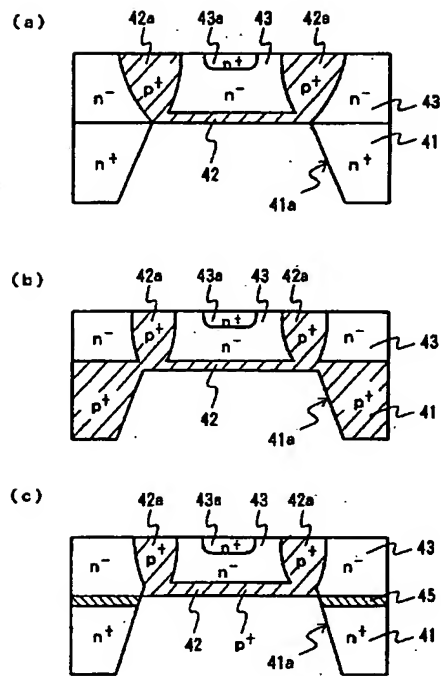
【図1】



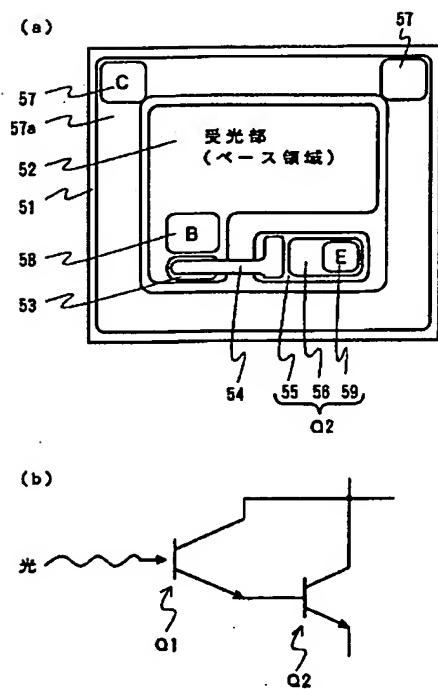
【図5】



【图3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.